云 南 植 物 研 究　2008, 30 (1): 99～104
Acta Botanica Yunnanica　DOI: 10.3724/SP. J. 1143. 2008. 07087

滇中地区设施栽培下切花月季的光合特性*

李树发[1]，张　颢[1]，唐开学[1**]，王其刚[1]，王忠佑[2]
（1 云南省农业科学院花卉研究所，云南 昆明　650205；2 云南农业大学园林园艺学院，云南 昆明　650201）

摘要：为了探讨切花月季在滇中地区的高产优质栽培措施，对黑魔术、沃蒂、帕里欧 3 个月季品种在设施条件下的光合特性及叶绿素含量进行了研究。结果表明，无论在什么季节和生育期，3 个品种的叶片光合作用日变化皆表现出明显的光合“午休”现象，最大光合速率出现在上午 10：00～11：00。植株中部叶片的净光合速率最高，其次是上位叶，下位叶最低，而不同位置叶片的叶绿素含量变化趋势是中位叶 > 下位叶 > 上位叶。在滇中地区，月季中午光合速率的降低主要与温室中高温有关，而不同叶位光合速率的变化与光环境、叶绿素含量及叶龄有关。根据研究结果，讨论了滇中地区设施条件下切花月季的一些栽培措施。

关键词：切花月季；设施栽培；光合作用；叶绿素；栽培措施
中图分类号：Q 945　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0253 - 2700 (2008) 01 - 099 - 06

Photosynthetic Characteristics of Cut Roses under Greenhouse Condition in the Middle of Yunnan Province

LI Shu-Fa[1], ZHANG Hao[1], TANG Kai-Xue[1**], WANG Qi-Gang[1], WANG Zhong-You[2]
(1 *Flower Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences*, Kunming 650205, China;
2 *Faculty of Landscape and Horticulture, Yunnan Agricultural University*, Kunming 650201, China)

Abstract: *Rosa hybrida* is not only a famous traditional flower in China, but also one of the most key cut-flowers, playing an important role in the flower production and trade in the world. To develop the cultivation strategy of high yield and quality for cut-flower rose in the middle of Yunnan province, the photosynthetic characteristics and chlorophyll content of three cultivars (Black Magic, Virdi and Pareo) was studied under greenhouse condition. In any season and any developmental stage, the photosynthetic rates of three cultivars showed significant depression at midday. The maximal photosynthetic rates were observed between 10:00 - 11:00 in the morning. The middle leaves of rose canopy have the highest photosynthetic capacity, followed by the upper leaves and lower leaves; while the changes in chlorophyll content with leaf position exhibited the order middle leaves > lower leaves > upper leaves. The midday depression in photosynthetic rates of cut-flower rose in the middle of Yunnan province was correlated to the high temperature in the greenhouse, and while the change in photosynthetic rates with leaf position is correlated with light environment, chlorophyll content, and leaf age. The cultivation strategy for cut-flower rose in the middle of Yunnan province is discussed.

Key words: Cut-flower rose; Greenhouse; Photosynthesis; Chlorophyll content; Cultivation strategy

月季（*Rosa hybrida* L.）既是我国的传统名花，也是世界四大切花之一，在我国，切花月季栽培技术及光合生理生态的研究还相当缺乏（潘会堂，2002）。尤其是本土化科学研究的缺乏在很大程度上限制了中国切花月季生产技术水平的提高。

---

* 基金项目：省科技攻关项目（2003NG05）

** 通讯作者：Author for correspondence; E-mail: kxtang163@163.com

收稿日期：2007 - 04 - 18，2007 - 07 - 13 接受发表

作者简介：李树发（1964 - ）男，副研究员，主要从事月季育种研究工作。

植物体内所有的干物质都是光合碳同化的结果，而且光合器官对环境的变化异常敏感，因而光合作用对温度、光照及其它环境因子的响应常常被用来解释植物的生长表现、预测植物对环境的生理耐受性和选择适宜的生长环境（Hamerlynck and Knapp，1996；Weng and Ueng，1997；常玮等，2007）。国外在切花月季光合特性方面已有相关研究，如向光叶比遮光叶的叶绿素和酶含量低，导致遮光叶片的净光合速率较低；切花月季的叶龄可能影响净光合速率。叶片最大的净光合速率在叶片长到最大厚度和面积时达到；叶片的生长位置也可能影响光合效率，离花芽位置越远的叶片提供给花芽的光合产物越少，同化物的供给主要是由主枝上大量成熟叶片提供（Lieth and Pasian，1990）；折枝的作用在于增大光合叶面积，进而给花枝提供大量的光合产物（Marcelis-Van Acker，1994）。从这些研究可以看出，光合作用研究有力地指导了切花月季的生产实践。国内对切花月季光合作用的研究极少，娄义龙等（1998）发现切花的光合作用需要充足的阳光，潘会堂（2002）对北京地区月季光合作用的研究发现，月季光合速率的变化主要由光照强度、温度和 CO_2 浓度的变化引起。但是针对滇中地区切花月季在温室条件下的光合作用研究还未见报道。

本文旨在通过对滇中地区（富民县）设施栽培条件下3个月季品种光合作用的研究，了解月季光合作用的日变化和不同叶位的光合特性，为滇中地区切花月季的高产、优质栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

供试的切花月季品种为：黑魔术（Black Magic）、沃蒂（Virdi）、帕里欧（Pareo）。试验地点位于昆明富民县国家农业综合开发高新技术示范园区内，钢架塑料大棚内采用高畦双行栽培方法，用扦插苗定植，滴灌方式供应水肥。

1.2 光合作用测定

试验于2005年7月～2006年9月进行，采用LI-6400便携式光合作用测定系统（LI-COR公司，美国）测定。材料在田间条件下完全随机排列，分别对3个月季品种不同生育期（现蕾期、采收期、完全开放期）和不同叶位（上部叶位、中部叶位、下部叶位）的植株进行测定，测定3株重复3次。在晴天，选取长势和叶龄一致的植株和叶片测定，测定时间从早上8：00到下午18：00，每小时测定一次。测定指标包括光合有效辐射（Photosynthetic active radiation，PAR）、净光合速率（Net photosynthetic rate，Pn）、蒸腾速率（Transpiration rate，Tr）、气孔导度（Stomatal conductance，Gs）及胞间 CO_2 浓度（Intercellular CO_2，Ci）、空气相对湿度（Air relative humidity，Rh）、气温（Air temperature，Ta）、叶片温度（Leaf temperature，Tl）。

1.3 叶绿素含量测定

与光合作用测定同步，采用SPAD502叶绿素含量测量仪（Konica Minolta Sensing，Inc.，Japan）测定植株的叶绿素含量，重复3次。

1.4 数据分析

数据采用Spss 12.0统计软件（Spss Inc.，美国）进行方差分析和回归分析，采用Sigmaplot 9.0（Spss Inc.，美国）作图。

2 结果分析

2.1 切花月季的光合气体交换日变化

3个切花月季品种（Black magic，Pareo和Virdi）在现蕾期、采收期和完全开放期，其叶片光合速率（Pn）日变化均呈现双峰曲线，即中午出现光合午休现象。本文主要以采收期的数据来说明3个月季品种光合气体交换日变化。如图1所示，从上午8：00起，光合速率随光强的增加而逐渐加强，到10：00～11：00时出现第一个高峰。以后，尽管光照强度增加，但Pn并不增加，反而有所下降，至13：00～14：00时降至低谷以后又缓慢上升，下午15：00～16：00时出现第2个高峰。之后，随着光照强度的减弱，光合速率逐步降低。3个品种中Black magic在两个光合作用高峰期的净光合速率比Virdi要高，但日均光合速率在品种间不存在显著差异（$F=0.895$，$P=0.419$）。

气孔导度（Gs）也和光合速率相似，在中午12时左右最大，随后开始降低，下午14：00前后出现低谷，然后又能出现一定的回升（图1）。而3个月季品种的叶片蒸腾速率（Tr）在一天中则表现为单峰曲线，在中午12点到下午14点之间蒸腾速率更大。从光温条件来看，高温和高光都出现在下午13：00～14：00之间，叶面的最高温度可以超过40℃（图1）。

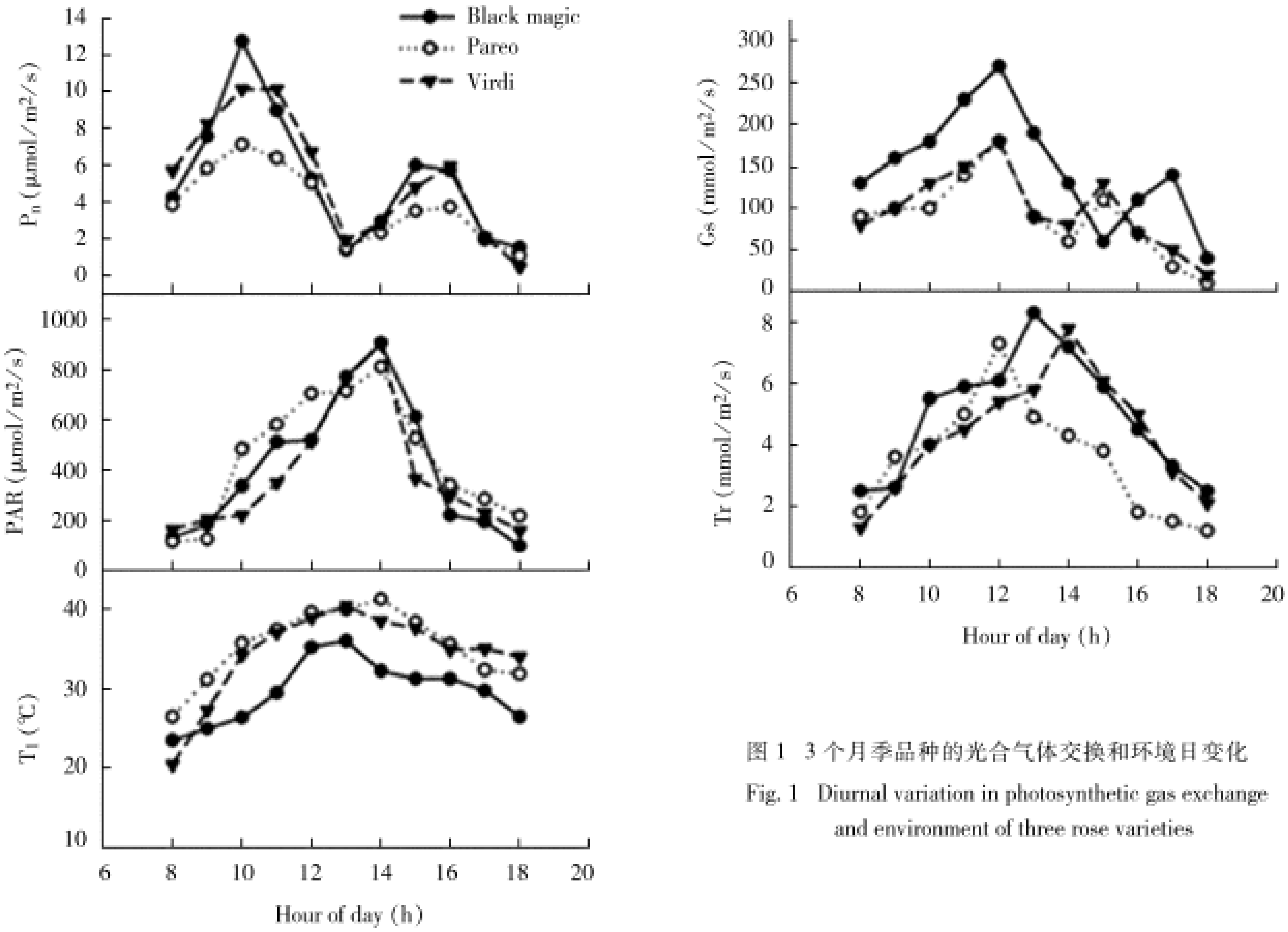

图 1　3 个月季品种的光合气体交换和环境日变化

Fig. 1　Diurnal variation in photosynthetic gas exchange and environment of three rose varieties

2.2　3 个月季品种不同生育期的光合速率

从光合速率的日变化来看，3 个月季品种在现蕾期、采收期和开放期都展现为双峰曲线。不同之处在于现蕾期和开放期的光合速率中午降低的时间比采收期略长一些（图 2）。但是 3 个月季品种在不同生长时期的日均光合速率不存在明显差异（$F = 1.313$，$P = 0.274$）。

2.3　3 个月季品种不同叶位的光合速率

3 个切花月季品种各叶位叶片的 Pn 变化总体呈单峰曲线（图 3），与不同生育期叶片光合作用日变化呈明显的“双峰“现象不同，这主要是受天气条件的影响。在测定后者时天气晴朗，光合作用的“午休”现象明显；而测定不同位置叶片的光合速率时天空云层较厚，中午时光照及温度都相对较低，叶片的光合作用没有表现出“午休”现象，从而表现出了不同的光合日变化。但从 3 个品种的总体来看，不同叶位的日均光合速率表现出了明显的差异，中部叶的光合速率要明显高于上部叶和下部叶（$F = 14.575$，$P = 0.000$），也就是说，中部的 5～9 叶有更大的光合能力。在本试验中 Black magic 和 Virdi 的规律性较明显，但 Pareo 的中部叶并未表现出应有的高于下部和上部叶的光合能力，而是下部叶片的净光合速率远远高于上部叶和中部叶（图 3），除了天气原因外，很可能是因为 Pareo 的株型较矮，枝叶密集且叶片较宽大，相互之间的荫蔽作用较大，中部叶片受上部叶片的遮挡而失去了最佳光合作用所需的光照强度，而对下部叶片来说，也许这种荫蔽正好提供了其进行光合作用的最佳光强，从而产生了最大的光合气体交换。

2.4　3 个月季品种的叶绿素含量

3 个月季品种不同叶位叶片的叶绿素含量有一定的差异（表 1），中部叶的叶绿素含量要明显高于上部叶（$F = 4.054$，$P = 0.035$），中部叶与下部叶的叶绿素含量之间则不存在明显的差异。

在不同生育期，3 个月季品种也表现出了明显的差异（$F = 4.942$，$P = 0.019$）。如表 2 所示，采收期和开放期的叶绿素含量要高于现蕾期。但是不论是在哪个生育期，品种之间的叶绿素含量不存在显著差异（$F = 0.256$，$P = 0.902$）。

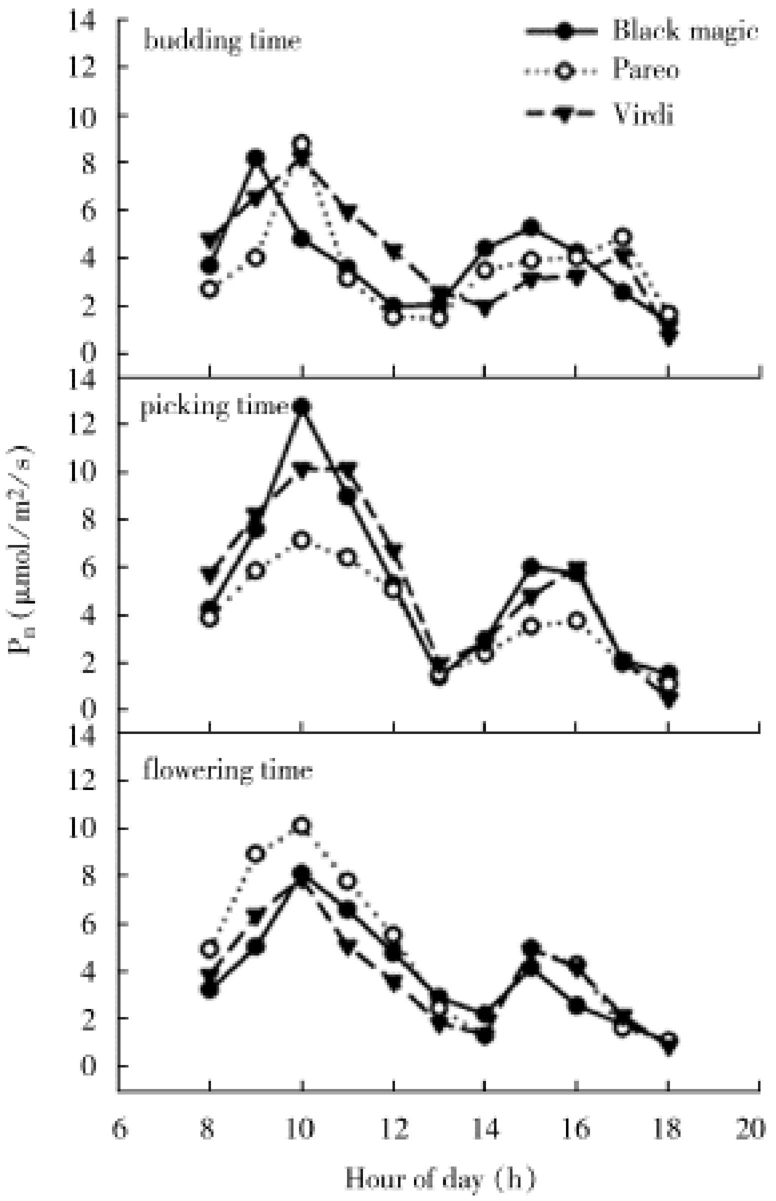

图 2　3 个月季品种不同生育期的光合速率变化

Fig. 2　Variation in photosynthetic rate of three rose varieties in different growth periods

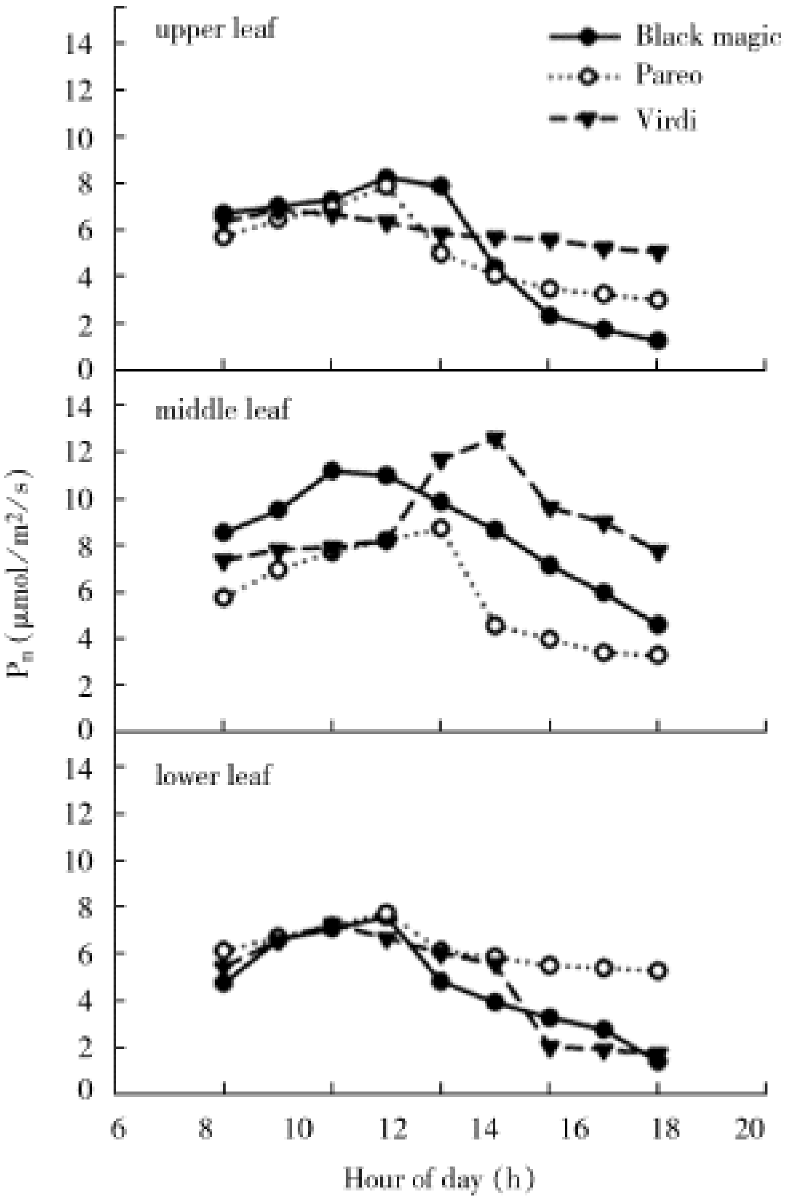

图 3　3 个月季品种不同叶位的光合速率

Fig. 3　Variation in photosynthetic rate of three rose varieties in different leaf positions

表 1　3 个月季品种不同叶位的叶绿素含量

Table 1　Chlorophyll content of three rose varieties in different leaf positions (μg/g)

叶位 Leaf position	Black magic	Pareo	Virdi
上部叶 upper leaf	44.96±3.43	46.77±2.93	46.73±4.29
中部叶 middle leaf	55.18±7.01	52.52±6.54	52.38±5.06
下部叶 lower leaf	53.49±6.64	52.23±6.36	49.99±7.04

表中数据为平均数±标准差 (mean±SD)。The value is mean±SD

表 2　3 个月季品种不同生育期的叶绿素含量

Table 2　Chlorophyll content of three rose varieties in different growth periods (μg/g)

生育期 Growth period	Black magic	Pareo	Virdi
现蕾期 budding time	48.29±2.59	46.96±2.28	48.59±2.15
采收期 picking time	51.20±2.37	49.84±4.09	53.69±1.86
开放期 flowering time	52.24±3.7	51.15±3.91	52.07±2.38

表中数据为平均数±标准差 (mean±SD)。The value is mean±SD

3　讨论

3.1　影响月季光合作用中午降低的因素

光合作用在中午降低是一种比较普遍的现象，但不是在任何条件下都能观察到这种现象，它可能受天气条件、生长季节等因素的影响 (许大全，2002)。如本研究中，进行不同叶位的光合作用测定时的天空云层较多，光合作用的日变化便成单峰曲线，而其它测定出现中午光合作用降低的现象。影响光合作用中午降低的原因非常复杂，在各种植物上也会有所不同，总体来说可能受生态因子 (光、温度、空气湿度、土壤水分状况、空气 CO_2 浓度)、生理因子 (气孔开度、叶肉导度、呼吸作用、生理节奏等) 以及生化因子 (光合产物积累、RuBP 酶活性、光系统 II 光化学效率等) 3 方面因素的影响 (许大全，2002；Zhang 等，2005)。3 个月季品种都表现了非常一致的光合“午休”现象，这说明月季的光合“午休”可能不是遗传特性，主要是由环境因素造成

的。试验过程中中午的光照比较强，强光又造成较高空气温度和叶片温度（尤其是在温室条件下），叶温已经超过 40℃。潘会堂（2002）的研究显示，北京地区切花月季的光合作用最适温度为 23℃，显然滇中地区晴天中午温室内的温度已经远远超过了月季的适宜光合温度。高温一方面增加了月季的蒸腾作用，导致叶片水势降低和气孔不同程度的关闭而使光合速率降低（Filella 等，1998），另一方面高温胁迫可能破坏植物的类囊体膜结构、光合电子传递，降低 Rubisco 酶活性，增加暗呼吸和光呼吸，进而影响光合作用（Law and Crafts-Brandner，1999；Haldimann and Feller，2004）。试验期间，3 个月季品种的植株状态良好，未表现出水分亏缺，可以确定中午的高温是引起滇中地区温室条件下切花月季中午光合作用降低的主要环境因素。因此，晴天中午对设施进行降温处理是设施月季栽培中的一个重要管理环节，因为高温不但使月季光合碳累积减少，而且会影响月季枝条发育以及切花产量和质量（潘会堂，2002）。

3.2　不同叶位光合能力的变化

月季植株叶片的光合速率受叶片生理年龄和环境条件的影响。在生理年龄方面，通常从植株上部到下部，叶片的生理年龄逐渐增加。研究表明，大部分植物叶片的光合速率在叶片完全展开刚成熟时最大，此后随着叶龄增加逐渐降低（Reich 等，1991；Schaffer 等，1991）。光合速率随叶龄的变化可能受光合生化效率、叶绿素含量、叶氮含量以及 CO_2 扩散导度的影响（Gonzalez-Real and Baille，2000；Niinemets 等，2005）。通过对 3 个月季品种日均光合速率和叶绿素含量的回归分析来看，两者之间存在明显的正相关（图 4 $df = 17$，$R^2 = 0.376$，$P = 0.007$）。中间部位叶片（5～9 叶）刚发育成熟，叶绿素含量和生理活性高，具有更高的光合效率，因而是整个新梢光合作用的主要承担者；近梢端的叶片发育晚，叶片组织结构发育不充分，尚未达到生理成熟，故光合速率较低。枝条基部叶片已经开始衰老，气孔阻力大，光合能力降低。另一方面，不同位置的叶片光合速率还可能受光照条件的影响。中上部位叶片受光条件好光合速率高，而下部叶片由于受上部冠层遮盖，受光量少，光合速率降低。受光量的减少还会加速下部叶片的衰老，尤其是在植株密集时。在切花月季栽培中，去处部分衰老叶片或者折枝栽培将有效地提高下部叶片的受光量，增加光合作用面积，改善整个植株的光合生产效率，提高切花产量和质量。

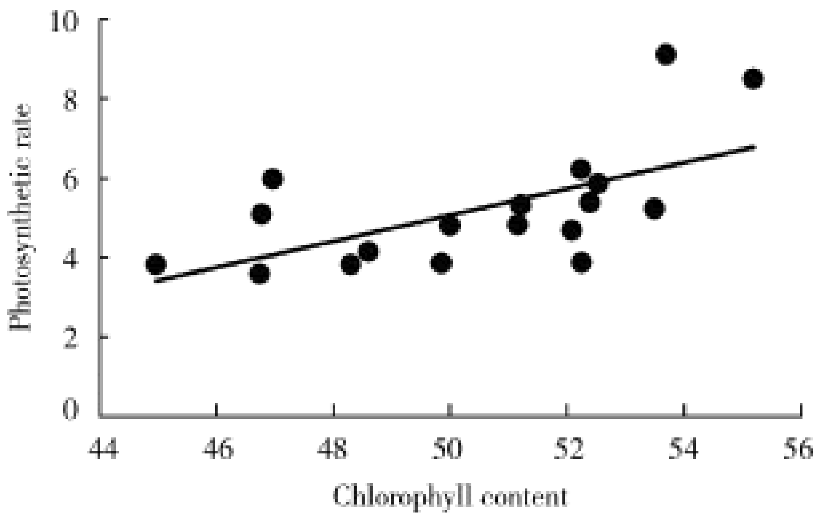

图 4　月季叶绿素含量与光合速率的关系

Fig . 4　The relationship between chlorophyll content and photosynthetic rate of rose

〔参　考　文　献〕

Chang W（常玮），Li SY（李树云），Hu H（胡虹）*et al.*，2007 . Photosynthetic characteristics of three varieties of *Lilium*（Liliaceae）‘Oriental hybrids’in the middle of Yunnan Province［J］. *Acta Bot Yunnan*（云南植物研究），**29**：109—114

Fillela I，Llusia J，Penuelas J，1998 . Leaf gas exchange and fluorescence of *Phyllyrea latifolia*，*Pistacia lentiscus* and *Quercus ilex* saplings in severe drought and high temperature conditions［J］. *J Exp Bot*，**39**：213—220

Gonzalez-Real MM，Baille A，2000 . Changes in leaf photosynthesis parameters with leaf position and nitrogen content within a rose plant canopy（*Rosa hybrida*）［J］. *Plant Cell Environ*，**23**：351—363

Haldmann P，Feller U，2004 . Inhibition of photosynthesis by high temperature in oak leaves grown under natural conditions closely correlates with a reversible heat-dependent reduction of the action sate of ribulose-1，5-bisphosphate carboxylase oxygenase［J］. *Plant Cell Environ*，**27**：1169—1183

Hamerlynck E，Knapp AK，1996 . Photosynthetic and stomatal responses to high temperature and light in two oaks at the western limit of their range［J］. *Tree Physiol*，**16**：557—565

Law RD，Crafts-Brandner SJ，1999 . Inhibition and acclimation of photosynthesis to heat stress is closely correlated with activation of ribulose-1，5-bisphosphate carboxylase oxygenase［J］. *Plant Physiol*，**120**：173—181

Lieth JH，Kim SH，1999 . Development of optimal rose canopy management strategies for rose growers：‘bending’versus traditional production［A］. In：Final Report to Roses Inc . and the Joseph Hill Memorial Foundation［R］. Report period：January 1-June 30，1999 . 14

Lou YL (娄义龙), Gao JL (高嘉麟), Tian YS (田应生) *et al*., 1998. The characteristics of photosynthesis and leaf surface of Gladiolus, rose, chrysanthumum and carnation [J]. *Acta Horti Sin* (园艺学报), **25**: 280—286

Marcelis-VanAcker CAM, 1994. Auxiliary Bud Development in Rose [M]. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 81—87

Niinemets U, Cescatti A, Rodeghiero M *et al*., 2005. Leaf internal diffusion conductance limits photosynthesis strongly in older leaves of Mediterranean evergreen broad-leaved species [J]. *Plant Cell Environ*, **28**: 1552—1566

Pan HT (潘会堂), 2002. Greenhouse Climate Management in Cut Rose (*Rosa cvs*) Production in the Beijing Area [M]. Beijing: Beijing Forest University, 84—100

Reich PB, Walters MB, Ellsworth DS, 1991. Leaf age and season influence the relationship between leaf nitrogen, leaf mass per area and photosynthesis in maple and oak trees [J]. *Plant Cell Environ*, **14**: 251—259

Schaffer B, Whiley AW, Kohli RR, 1991. Effects of leaf age on gas exchange characteristics of avocado (*Persea americana* Mill.) [J]. *Sci Horti*, **48**: 21—28

Weng JH, Ueng RG, 1997. Effect of temperature on photosynthesis of *Miscanthus* clones collected from different elevations [J]. *Photosynthetica*, **34**: 307—311

Xu DQ (许大全), 2002. Photosynthetic Efficiency [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing House, 72—80

Zhang SB, Zhou ZK, Hu H *et al*., 2005. Photosynthetic performances of *Quercus pannosa* vary with altitude in the Hengduan Mountains, southwest China [J]. *Forest Ecol Manag*, **212**: 291—301

* * * * * * * * * * * * * * *

《云南植物研究》 学报投稿简则

《云南植物研究》是中国科学院主管、昆明植物研究所主办的植物学专业学术刊物，是中国自然科学的核心期刊之一。主要刊登整体植物科学和植物多样性研究及其相关领域具有创新性或较高学术水平的原始论文和简报；植物学领域的新发现及重大应用价值的新成果快报；结合本人工作，反映本学科重要领域的国内外最新研究进展的综述等(以约稿为主)。设有植物系统学与生物地理学、植物化学与化学生物学、生物多样性保护与民族植物学、植物生态学与资源管理、植物生理与分子生物学、资讯与书评6个专栏，并接受交叉学科研究论文。

1 投稿要求

1.1 论文必须是未经出版的新的研究成果，要求论点明确、论据可靠、文字精练。研究论文（含图表、文献）一般不超过5个印刷页，简报和快报不超过2个印刷页。综述以约稿为主，本刊不接受发表一般性的论文综述。

1.2 稿件可用中、英文两种语言撰写，所投稿件必须是论文的最后定稿，严格按本刊规范投稿。全文五号字，中文用宋体、英文用Times New Roman，双倍行距，图、表按顺序编码。

1.3 作者投稿时请下载版权协议进行签署，声明无一稿两投，无泄密之处；说明所有作者对文章均有贡献，并同意文章发表；如文章含外籍作者，也请附其同意发表的信函。

1.4 投稿时请寄100元审稿费，并在汇款单附言栏上注明“xxx稿审稿费”，若投稿被接受发表，则发票随同以后的版面费一同开具，若是退稿，则退稿后开具。论文发表费请按通知交纳。稿件一经刊登，酌付稿酬，并赠单行本10份和样刊1本。汇款后请通过电子邮件件方式通知编辑部，收到款后即回寄报销收据。

1.5 稿件上需注明通讯作者、详细地址、邮编、电话及Email，以便联系。

2 写作要求

2.1 论文书写顺序：题目、作者姓名、作者单位及所在地邮政编码、摘要（简述研究范围、方法、结果和结论，300字以内)、关键词（3～8个)；英文题目、作者姓名及单位、外文摘要（300个实词以内)、关键词；正文（一般包括引言、材料与方法、结果、讨论等部分，但也可根据论文的具体情况而定)、致谢、文献、中英文图版说明。简报格式与研究论文的相同，只在方法与结果上简洁说明，没有大量论述。论文题目一般在20个字以内，不用副题，尽量避免使用“.........研究”作为题目，要求简明扼要。省部级以上基金资助项目及作者简介（包括出生年，性别，职称（或学位)，主要研究方向）请在文章首页脚注中注明。

2.2 为便于国际交流，欢迎用英文投稿。英文稿要语法正确、拼写无误，符合英语表达习惯，最好附相应中文稿。英文稿的书写顺序同中文稿，在文前附中文题目、作者及单位署名，中文摘要和关键词。

2.3 文中只附必要的图表，图表中文字和内容应与正文一致。图版照片请按23×17 cm^2 的版心拼贴。照片要清晰，层次分明。文中插图墨线要黑，线条均匀，宽度为17 cm（排通栏）或8 m（排半栏）为妥，插图另附，在文中用方框标明插图位置（占2行)，在方框下写图题、图注；若为计算机打印图，存盘时分辨率不要低于600线，照片图扫描分辨率不低于800线。表插入文中适当位置，图表应写相应的英文。投稿时可将图文件插入文档中一起发送，便于审稿，但在交送出版定稿件时，请将图片文件单独发送，不插入Word文档中，以免引起分辨率下降。

〔下转114页〕